

**PROCEDE POUR L'ESTIMATION  
DES CARACTERISTIQUES D'UNE PRECIPITATION**

La présente invention concerne un procédé pour  
5 l'estimation des caractéristiques d'une précipitation, et en  
particulier du taux précipitant pour une précipitation solide.

On connaît dans l'état de la technique l'utilisation des  
caractéristiques d'une image radar pour estimer les  
caractéristiques pluviométriques. En particulier, le brevet  
10 européen EP1049944 décrit une technique pour l'estimation de  
pluie avec un radar. Selon ce brevet, on réalise les étapes  
suivantes :

- on mesure, au moyen dudit radar bipolaire, sur un  
intervalle  $[r_o, r_i]$  donné de rayon de trajet par  
15 rapport audit radar, la phase différentielle ( $\Phi_{dp}$  et  
la réflectivité apparente  $Z$ . selon au moins l'une des  
polarisations H ou V ;
- on détermine une estimation de la valeur  $No^*$   
représentative de la distribution dimensionnelle des  
20 gouttes de pluie, à partir de la différence de la  
phase différentielle entre  $r_o$  et  $r_i$  et à partir d'une  
intégrale d'une fonction de la réflectivité apparente  
 $Z$ , le long de l'intervalle  $[r_o, r_i]$  ;
- on déduit la valeur du taux de précipitation en un  
25 point à partir de  $No^*$  et de la réflectivité apparente  
en ce point.

On connaît également un procédé pour l'estimation de  
pluie décrit dans le brevet PCT WO03007016 décrivant un  
procédé pour l'estimation d'un taux précipitant au moyen d'un  
30 radar bipolaire, caractérisé par les différentes étapes  
suivantes:

- on mesure au moyen dudit radar bipolaire, sur un intervalle  $[r_1, r_0]$  donné de rayon  $r$  de trajet par rapport audit radar, la phase différentielle  $\Phi_{dp}$  et la réflectivité atténuée  $Z$  selon au moins l'une des polarisations  $H$  ou  $V$  ;

- on détermine une estimation de la valeur  $K(r_0)$  de l'atténuation spécifique en  $r_0$  à partir du profil de réflectivité atténuée ainsi mesuré, ainsi qu'à partir de la différence de la phase différentielle entre  $r_0$  et  $r_1$ ; on détermine une estimation  $K(r)$  de l'atténuation spécifique en  $r$  en fonction de l'atténuation  $K(r_0)$  ainsi déterminée et du profil de réflectivité atténuée  $Z(r)$ ; on détermine le taux de précipitant  $R(r)$  connaissant  $K(r)$ .

Ces différentes solutions permettent de caractériser des précipitations liquides et d'estimer de façon précise le taux de pluie (en mm/h), mais pas d'estimer les caractéristiques des précipitations solides telles que la neige.

L'invention concerne un nouveau procédé visant à remédier à cet inconvénient.

A cet effet, l'invention concerne selon son acception la plus générale un procédé pour l'estimation des caractéristiques d'une précipitation, et en particulier du taux précipitant pour une précipitation solide comportant une étape d'acquisition d'une image radar comportant au moins un plan vertical d'une zone de précipitation et d'un traitement d'un profil vertical pour fournir des signaux numériques représentatifs de la réflectivité selon la direction verticale  $h$  caractérisé en ce que l'on réalise une étape d'intégration desdits signaux représentatifs de la réflectivité pour délivrer un signal représentatif du profil dans le plan vertical du diamètre moyen des particules pondéré par la masse

de chaque particule, et une étape de détermination de la concentration des particules solides à partir des signaux calculés dans les étapes précédentes.

De préférence, l'étape d'intégration consiste à  
 5 déterminer la variable  $Z(h)$  l'observable radar en  $\text{mm}^6/\text{m}^3$  en fonction de l'altitude  $h$  à partir de ladite image radar, et à déterminer ledit diamètre moyen des particules  $D_m(h)$  par résolution de l'équation :

$$\frac{fD_m}{fh} = -0.25k_{eff}aD_m^b 10^{-18}Z + \left(\frac{1}{6} \frac{1}{Z} \frac{fZ}{fh}\right) D_m \quad (2)$$

10 où :

- $Z$  est l'observable radar à inverser en  $\text{mm}^6\text{m}^{-3}$  ;
- $D_m$  est en m ;
- $a$  et  $b$  sont des coefficients spécifiques des particules de type « agrégats ». Le coefficient  $a$  est par  
 15 exemple égal à 35184 et le coefficient  $b$  est égal à 3.16.
- $k_{eff}$  est le coefficient d'efficacité du processus d'agrégation à ajuster, ce coefficient  $k_{eff}$  étant par exemple égal à 0.3

L'intégration de (2) nécessite une condition à la limite  
 20 d'intégration. Avantagusement, ladite condition à la limite d'intégration est déterminée afin que la valeur  $D_m(h)$  au sommet du nuage corresponde à la valeur prédéterminée du nombre total de particules au sommet du nuage.

Selon un mode de réalisation avantageux, on détermine le  
 25 profil du nombre total de particules  $n_t(h)$  par l'équation suivante :

$$n_t(h) = x \cdot Z(h) / D_m(h)^6$$

où  $x$  est égal à  $25,4 \cdot 10^{-18}$

Selon un autre mode de réalisation, on détermine le  
 30 paramètre météorologique  $N_0(h)$  par l'équation suivante :

$$N_0(h) = y \cdot Z(h) / D_m(h)^7$$

Où  $y$  est égal à  $102 \cdot 10^{-18}$

Selon un troisième mode de mise en oeuvre, on détermine le paramètre météorologique correspondant au profil du contenu en glace  $IWC(h)$  [en  $g/m^3$ ] par l'équation suivante :

5 
$$IWC(h) = wZ(h) / D_m(h)^3$$

où  $w$  est égal à  $1,25 \cdot 10^{-12}$

Selon un quatrième mode de mise en oeuvre, on détermine le paramètre météorologique correspondant au profil du taux précipitant  $R(h)$  solide (mm/h équivalent fondu) par l'équation  
10 suivante :

$$R(h) = r \cdot Z(h) / D_m(h)^{2,35}$$

Où  $r$  est égal à  $4,698 \cdot 10^{-10}$

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, se référant à un exemple non limitatif  
15 de réalisation.

- La figure 1 représente un exemple de profil vertical de  $Z$  à inverser (dans cet exemple, l'isotherme  $0^\circ C$  est au niveau du sol).

- La figure 2 représente la comparaison du profil  
20 de  $D_m$  résultant de l'inversion de  $Z$  par le modèle d'agrégation avec l'estimateur classique.

- La figure 3 représente la comparaison des profils de  $N_0$  et  $n_T$  résultant de l'inversion de  $Z$  par le modèle d'agrégation avec l'hypothèse classique et des  
25 observations.

- La figure 4 représente le profil vertical de  $Z$  à inverser

- La figure 5 représente la comparaison du profil de  $D_m$  résultant de l'inversion de  $Z$  par le modèle d'agrégation  
30 avec l'estimateur classique.

- La figure 6 représente la comparaison des profils de  $N_0$  et  $n_T$  résultant de l'inversion de  $Z$  par le

modèle d'agrégation avec l'hypothèse classique et des observations.

- La figure 7 représente la comparaison du profil de R résultant de l'inversion de Z par le modèle d'agrégation avec l'estimateur classique.

- La figure 8 représente la sensibilité de la restitution du taux précipitant équivalent (mm/h) à la loi de densité des particules  $\rho(D) \propto D^{-\gamma}$ .

- La figure 9 représente la sensibilité de la restitution de la vitesse Doppler verticale à la loi de densité des particules  $\rho(D) \propto D^{-\gamma}$ .

Le procédé s'applique essentiellement aux précipitations stratiformes. Il considère que les noyaux glaçogènes ne sont activés qu'à température fortement négative, c'est-à-dire au sommet du nuage. Les cristaux de glace formés à haute altitude sédimentent et grossissent au cours de leur chute soit par sublimation de la vapeur d'eau saturante ambiante, soit par collection et givrage de gouttelettes d'eau nuageuse surfondues, soit par agrégation au hasard de leurs collisions avec d'autres cristaux de glace. Des trois processus de croissance, seule l'agrégation change la concentration en particules de glace. Le procédé de caractérisation repose essentiellement sur une description simplifiée du mécanisme d'agrégation. L'invention est basée sur une classe de procédés « profileurs », en ce sens qu'elle inverse le profil vertical de réflectivité mesuré dans la glace, pour en tirer le profil vertical du taux précipitant solide.

Les étapes de la méthode d'inversion sont les suivantes :

1- La distribution dimensionnelle des particules exprimée en « diamètre équivalent fondu », est supposée exponentielle i.e. :

$$N(D) = N_0 \exp(-4D/D_m) \quad (1)$$

où  $N(D)$  est la concentration en particules par  $m^3$  et par intervalle de diamètre, et  $N_0$  et  $D_m$  sont les deux paramètres qui caractérisent la distribution.

2- On détermine le sommet  $h_{max}$  et la base  $h_{min}$  de la couche de précipitation solide.

a.  $h_{max}$  est l'altitude maximum du profil de réflectivité mesuré  $Z(h)$ .

b.  $h_{min}$  est soit l'altitude de l'isotherme  $0^\circ C$  si la température au sol est positive, soit le niveau du sol si la température au sol est négative.

3- On détermine alors le profil du paramètre  $D_m(h)$  entre  $h_{max}$  et  $h_{min}$  en résolvant l'équation différentielle :

$$\frac{fD_m}{fh} = -0.25k_{eff}aD_m^{b-5}10^{-18}Z + \left(\frac{1}{6} \frac{fZ}{Zfh}\right) D_m \quad (2)$$

où :

-  $Z$  est l'observable radar à inverser en  $mm^6m^{-3}$  ;

-  $D_m$  est en m ;

-  $a$  et  $b$  sont des coefficients spécifiques des particules de type « agrégats », égaux respectivement à 35184 et 3.16 à partir des observations de Locatelli et Hobbs (1974) ;

-  $k_{eff}$  est le coefficient d'efficacité du processus d'agrégation à ajuster (la valeur  $k_{eff} = 0.3$  semble correcte).

4- L'intégration de (2) s'effectue à partir du haut, où la condition à la limite s'exprime en fixant le nombre total de particules  $n_T$  (ou nombre de noyaux glaçogènes activés au sommet de nuage). On peut prendre

$n_T(h_{max}) = 10^6 \text{ m}^{-3}$ , ce qui permet d'exprimer la condition à la limite  $D_m(h_{max})$  comme :

$$D_m(h_{max}) = 25,4 \cdot 10^{-18} (Z(h_{max})/n_T(h_{max}))^{1/6} \quad (3)$$

5- Le profil  $D_m(h)$  entre  $h_{max}$  et  $h_{min}$  une fois déterminé, on calcule les profils des autres paramètres d'intérêt par les expressions suivantes :

a. Profil de  $N_0$  :  $N_0(h) = 102 \cdot 10^{-12} Z(h) / D_m(h)^7$

b. Profil du nombre total de particules  $n_T(h)$   
[en  $\text{m}^{-3}$ ] :  $N_T(h) = 102 \cdot 10^{-12} Z(h) / D_m(h)^6$

c. Profil du contenu en glace  $IWC(h)$  [en  $\text{g/m}^3$ ]  
:  $IWC(h) = 1,25 \cdot 10^{-12} Z(h) / D_m(h)^3$

d. Profil du taux précipitant  $R(h)$  solide  
(mm/h équivalent fondu)

En utilisant la loi de vitesse terminale de chute déterminée par Locatelli and Hobbs pour des agrégats: [ $v_T = 107,6 D^{0,65}$  ( $D$  in m)],  $R(h)$  s'exprime par :

$$R(h) = 4,698 \cdot 10^{-10} Z(h) / D_m(h)^{2,35}$$

La description qui suit concerne une autre version du procédé de traitement pour la détermination du taux précipitant.

Pour la pluie, l'algorithme utilisé est l'algorithme ZPHI objet des brevets FR9800714 et FR0109206.

Pour les précipitations solides, le nouvel algorithme qui vient d'être développé est l'objet de la description qui suit.

Cet algorithme d'estimation du taux précipitant pour une précipitation solide fait partie de la classe des algorithmes « profileurs », en ce sens qu'il inverse le profil vertical de réflectivité mesuré dans la glace, pour en tirer le profil vertical du taux précipitant solide.

L'algorithme s'applique essentiellement aux précipitations stratiformes. Il considère que les noyaux glaçogènes ne sont activés qu'à température fortement négative, c'est-à-dire au sommet du nuage. Les cristaux de  
5 glace formés à haute altitude sédimentent et grossissent au cours de leur chute soit par sublimation de la vapeur d'eau saturante ambiante, soit par collection et givrage de gouttelettes d'eau nuageuse surfondues, soit par agrégation au hasard de leurs collisions avec d'autres cristaux de glace.  
10 Des trois processus de croissance, seule l'agrégation change la concentration en particules de glace. L'algorithme repose essentiellement sur une description simplifiée du mécanisme d'agrégation. Les étapes de la méthode d'inversion sont les suivantes :

15 La distribution dimensionnelle des particules exprimée en « diamètre équivalent fondu », est supposée exponentielle i.e. :

$$N(D)=N_0\exp(-4D/D_m), \quad (1)$$

20 où:

- D est le diamètre équivalent fondu de la particule de glace,
- N(D) est la concentration en particules par m<sup>3</sup> et par intervalle de diamètre,
- 25 • et N<sub>0</sub> et D<sub>m</sub> sont les deux paramètres qui caractérisent la distribution.

On détermine le sommet h<sub>max</sub> et la base h<sub>min</sub> de la couche de précipitation solide.

- 30
- h<sub>max</sub> est l'altitude maximale du profil de réflectivité mesuré Z(h).



- $h_{\min}$  est soit l'altitude de l'isotherme 0°C si la température au sol est positive, soit le niveau du sol si la température au sol est négative.

5 On détermine alors le profil du paramètre  $D_m(h)$  entre  $h_{\max}$  et  $h_{\min}$  en résolvant l'équation différentielle, dont la solution peut être déterminée analytiquement :

$$\frac{\partial D_m}{\partial h} = -24 \frac{4^d}{\Gamma(4+d)} \frac{k_{\text{eff}} J(b,d) a}{\hat{a}(\hat{a}-1)} Z D_m^{b-(\hat{a}-2)} + \frac{1}{(\hat{a}-1)Z} \frac{\partial Z}{\partial h} D_m \quad (2)$$

10

où :

$$J(b,d) = \int_0^\infty \exp(-4x) x^b \int_0^x [x^d - x'^d] \exp(-4x') dx' dx \quad \text{décrit la}$$

fréquence de collision

15

- $Z$  est l'observable radar à inverser en  $\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$  ;
- $D_m$  est en m ;

20

- $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$  sont des coefficients dépendant de la loi de densité  $F(D)$  des particules de glace, supposée varier en  $D^{-\gamma}$  (où  $\gamma$  peut prendre des valeurs entre 0.25 et 1.1 suivant le type des particules). Ces coefficients sont tirés de la théorie de Mitchell (Journal of Atmospheric Sciences, 53, 12, 1996) pour représenter les lois puissance suivantes :

25

$v_t(D) = cD^d$  (où  $v_t$  est la vitesse terminale de chute de la particule de diamètre équivalent fondu  $D$ )

$A = aD^b$  (où  $A$  est la section efficace de la particule de diamètre équivalent fondu  $D$ )

30

Avec des coefficients dépendant de la fréquence et d'une fonction de  $(D)$ , représentant par une loi puissance la relation entre la réflectivité (paramètre mesuré), la concentration des particules et leur diamètre équivalent moyen :

$$Z = \alpha N_0 D_m^\alpha$$

$k_{\text{eff}}$  est le coefficient d'efficacité du processus d'agrégation à ajuster (la valeur  $k_{\text{eff}} = 0.3$  semble correcte juste au-dessus de l'isotherme  $0^\circ\text{C}$ ).

L'intégration de (2) s'effectue à partir du haut, où la condition à la limite s'exprime en fixant le nombre total de particules  $n_T$  (ou nombre de noyaux glaçogènes activés au sommet de nuage). On peut prendre  $n_T(h_{\text{max}}) = 10^6 \text{ m}^{-3}$ , ce qui permet d'exprimer la condition à la limite  $D_m(h_{\text{max}})$  comme :

$$D_m(h_{\text{max}}) = \left[ \frac{1}{4\alpha n_T(h_{\text{max}})} Z(h_{\text{max}}) \right]^{\frac{1}{\alpha-1}} \quad (3)$$

Le profil  $D_m(h)$  entre  $h_{\text{max}}$  et  $h_{\text{min}}$  une fois déterminé, on calcule les profils des autres paramètres d'intérêt par les expressions suivantes :

Profil de  $N_0$  :

$$N_0(h) = \frac{Z(h)}{\alpha D_m(h)^\alpha}$$

Profil du nombre total de particules  $n_T(h)$  [en  $\text{m}^{-3}$ ]

$$n_T(h) = 0.25 N_0(h) D_m(h)$$

Profil du contenu en glace  $IWC(h)$  [en  $\text{g}/\text{m}^3$ ]

$$IWC(h) = (1.2272)10^4 N_0(h) D_m(h)^4$$

Profil du taux précipitant  $R(h)$  solide (mm/h équivalent fondu) :

$$R(h) = (1.885)10^6 c \frac{\Gamma(4+d)}{4^{(4+d)}} N_0(h) D_m(h)^{(4+d)}$$

5 Profil vertical de la vitesse Doppler  $V_D(h)$  (en m/s), donnée par une loi puissance dépendant de la densité  $\rho(D)$  :

$$V_D(h) = p D_m(h)^q$$

10

Du fait de la dépendance des coefficients vis-à-vis de la loi de densité  $F(D)$ , la restitution du taux précipitant dépend de façon critique du paramètre  $\gamma$ , comme en témoigne la figure 7. Cette loi de densité constitue donc un paramètre clef.

15

En opérant en tir vertical, on peut mesurer la vitesse Doppler  $V_D(h)$ , et la comparer au  $V_D(h)$  calculé par l'algorithme. Le profil de vitesse Doppler est discriminant, comme en témoigne la figure 8. Par ajustements successifs, on peut ainsi déterminer le paramètre  $\gamma$  de la loi  $F(D)$  pour lequel la cohérence entre  $V_D(h)$  calculée et  $V_D(h)$  mesurée est réalisée. La figure 4 représente un exemple de profil inversé par l'algorithme (dans cet exemple, l'isotherme 0°C est au niveau du sol). La figure 5 représente les courbes résultant de l'application du modèle d'agrégation et du modèle classique, permettant la comparaison du profil de  $D_m$  résultant de l'inversion de  $Z$  par le modèle d'agrégation avec l'estimateur classique.

20

25

La figure 6 représente la courbe des profils en fonction de l'altitude (m) au-dessus de l'isotherme 0°C. Elle conduit à la comparaison des profils de  $N_0$  et  $n_T$  résultant de

30

l'inversion de  $Z$  par le modèle d'agrégation avec l'hypothèse classique et des observations. La figure 7 représente la comparaison du profil de  $R$  résultant de l'inversion de  $Z$  par le modèle d'agrégation avec l'estimateur classique. La figure 8 représente la sensibilité de la restitution du taux précipitant équivalent (mm/h) à la loi de densité des particules  $\rho(D) \propto D^{-\gamma}$ . La figure 9 représente la sensibilité de la restitution de la vitesse Doppler verticale à la loi de densité des particules  $\rho(D) \propto D^{-\gamma}$ .

## REVENDICATIONS

1 - Procédé pour l'estimation des caractéristiques d'une  
 précipitation, et en particulier du taux précipitant pour une  
 5 précipitation solide comportant une étape d'acquisition d'une  
 image radar comportant au moins un plan vertical d'une zone de  
 précipitation et d'un traitement d'un profil vertical pour  
 fournir des signaux numériques représentatifs de la  
 réflectivité selon la direction verticale  $z$  caractérisé en ce  
 10 que l'on réalise une étape d'intégration desdits signaux  
 représentatifs de la réflectivité pour délivrer un signal  
 représentatif du profil dans le plan vertical du diamètre  
 moyen des particules pondéré par la masse de chaque particule,  
 et une étape de détermination de la concentration des  
 15 particules solides à partir des signaux calculés dans les  
 étapes précédentes.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce  
 que l'étape d'intégration consiste à déterminer la variable  
 20  $Z(h)$  l'observable radar en  $\text{mm}^6/\text{m}^3$  en fonction de l'altitude  $h$  à  
 partir de ladite image radar, et à déterminer ledit diamètre  
 moyen des particules  $D_m(h)$  par résolution de l'équation :

$$\frac{fD_m}{fh} = -0.25k_{\text{eff}}aD_m^{b-5}10^{-18}Z + \left(\frac{1}{6Z} \frac{fZ}{fh}\right) D_m \quad (2)$$

où :

- 25       ▪      $Z$  est l'observable radar à inverser en  
 $\text{mm}^6\text{m}^{-3}$  ;
- $D_m$  est en  $\text{m}$  ;
- $a$  et  $b$  sont des coefficients  
 spécifiques des particules de type  
 30 « agrégats ».

▪  $k_{\text{eff}}$  est le coefficient d'efficacité du processus d'agrégation à ajuster.

3 - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce  
5 que le coefficient  $k_{\text{eff}}$  est égal à 0.3.

4 - Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que le coefficient  $a$  est égal à 35184.

10 5 - Procédé selon la revendication 2, 3 ou 4, caractérisé en ce que le coefficient  $b$  est égal à 3.16.

6 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que ladite constante d'intégration est  
15 déterminée afin que la valeur  $D_m(h)$  au sommet du nuage corresponde à la valeur prédéterminée du nombre total de particules au sommet du nuage.

7 - Procédé selon l'une quelconque des revendications  
20 précédentes, caractérisé en ce que l'on détermine le profil du nombre total de particules  $n_t(h)$  par l'équation suivante :

$$n_t(h) = x \cdot Z(h) / D_m(h)^6.$$

8 - Procédé selon la revendication précédente,  
25 caractérisé en ce que  $x$  est égal à  $25,4 \cdot 10^{-18}$ .

9 - Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on détermine le paramètre météorologique  $N_0(h)$  par l'équation suivante :

30 
$$N_0(h) = y \cdot Z(h) / D_m(h)^7.$$

10 - Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que  $y$  est égal à  $102 \cdot 10^{-18}$ .

11 - Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on détermine le paramètre météorologique correspondant au profil du contenu en glace  $IWC(h)$  [en  $g/m^3$ ] par l'équation suivante :

$$IWC(h) = wZ(h) / D_m(h)^3.$$

12 - Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que  $w$  est égal à  $1,25 \cdot 10^{-12}$ .

13 - Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on détermine le paramètre météorologique correspondant au profil du taux précipitant  $R(h)$  solide (mm/h équivalent fondu) par l'équation suivante :

$$R(h) = r \cdot Z(h) / D_m(h)^{2,35}.$$

14 - Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que  $r$  est égal à  $4,698 \cdot 10^{-10}$ .

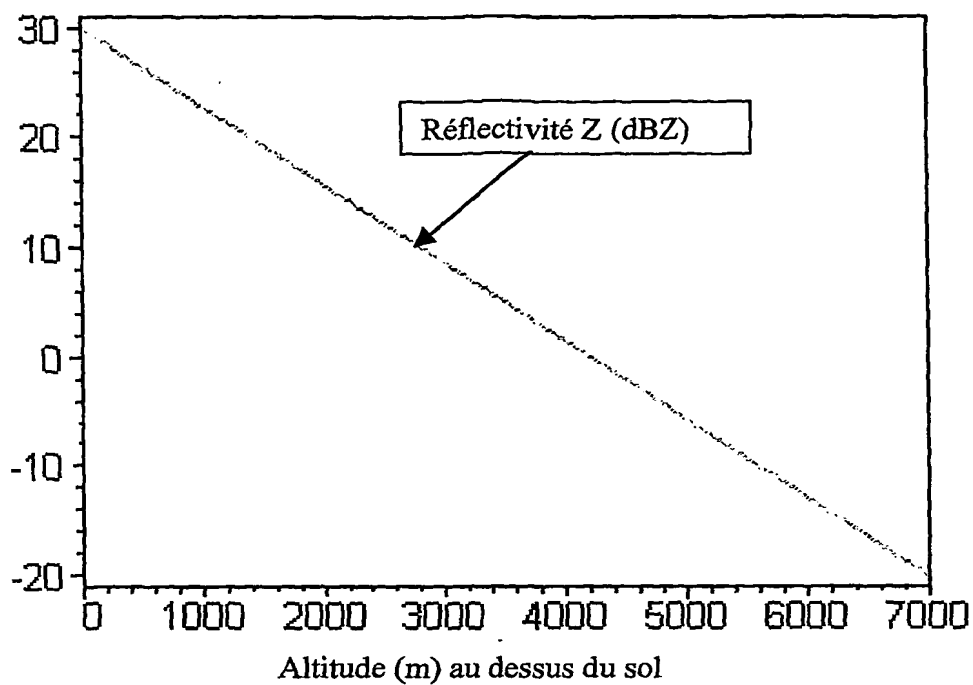


Figure 1

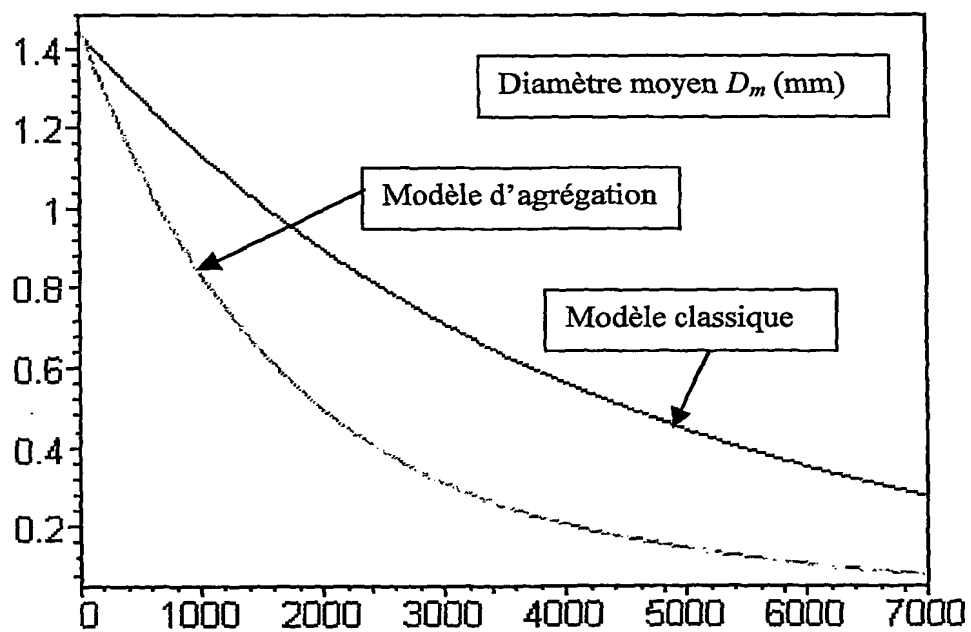


Figure 2



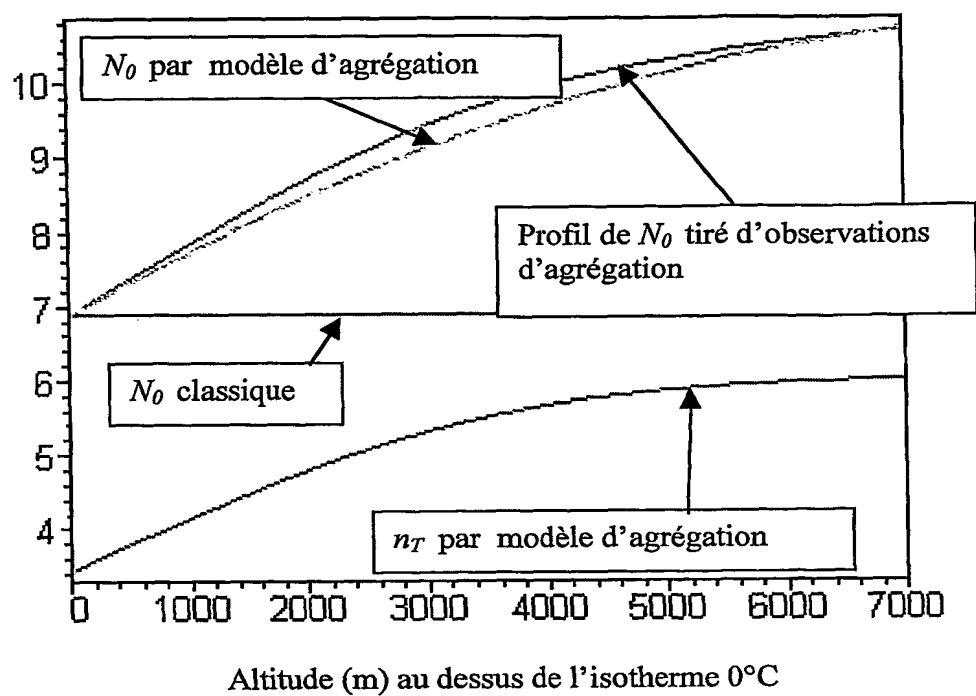


Figure 3

Fig. 4

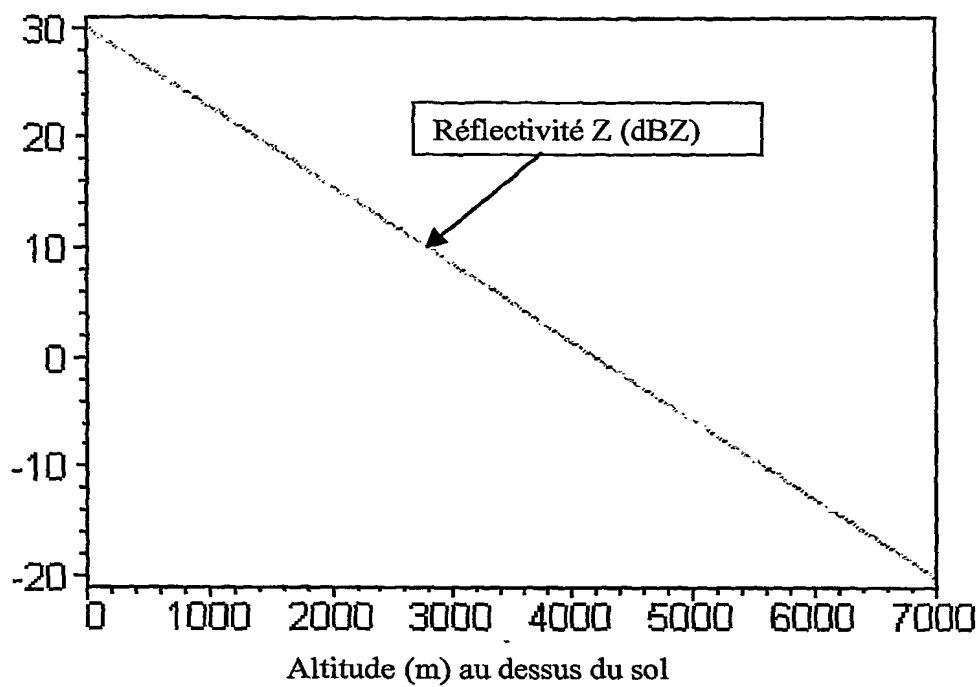


Fig 5

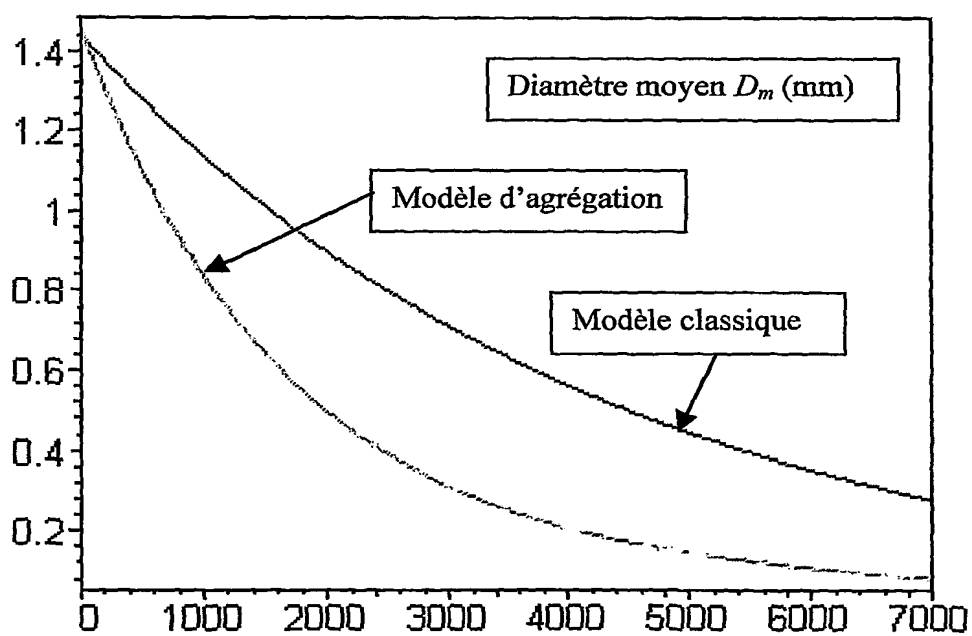


Fig. 6

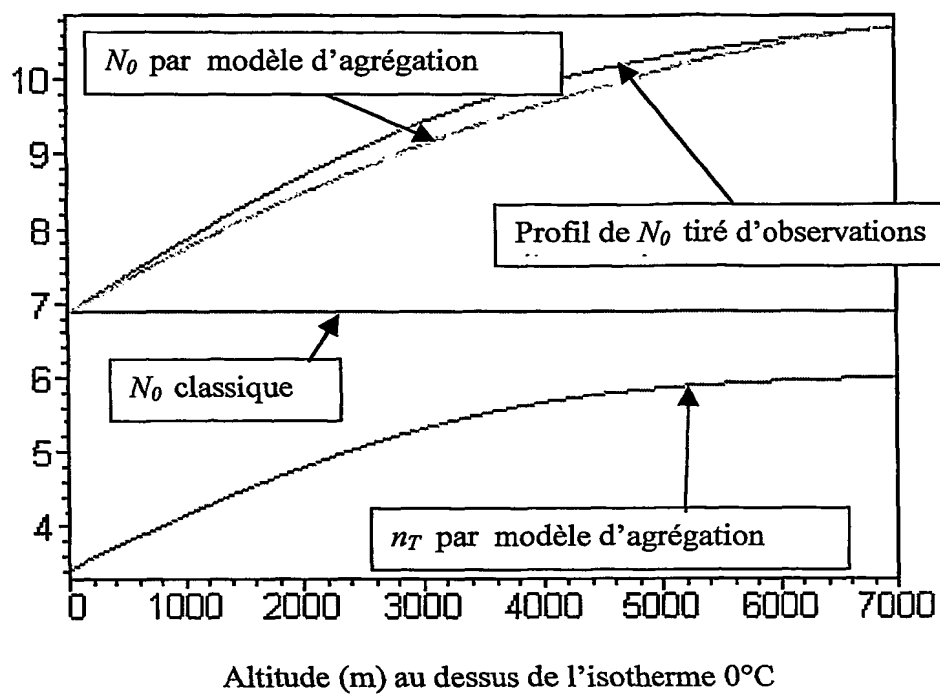


Fig 7

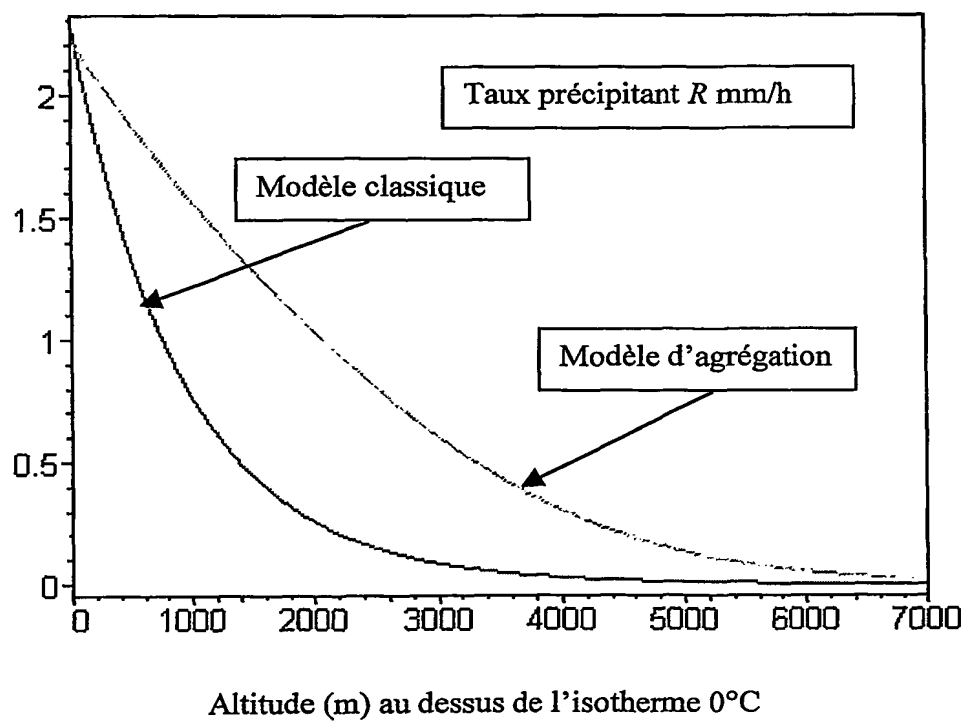


Fig. 8

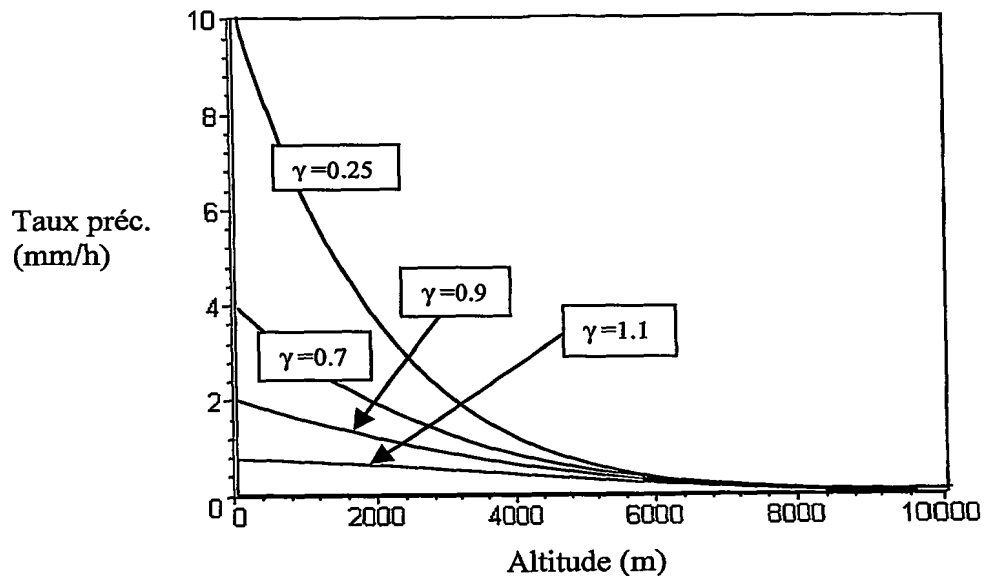
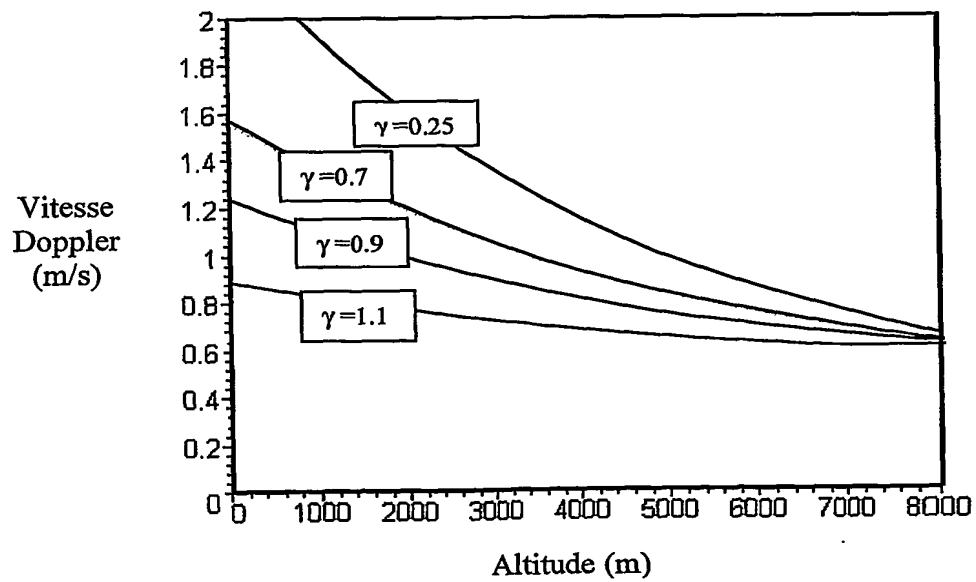


Fig. 9



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/002692

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01S17/95 G01S13/95

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 015, no. 084 (P-1172),<br>27 February 1991 (1991-02-27)<br>& JP 02 300692 A (JAPAN RADIO CO LTD),<br>12 December 1990 (1990-12-12)<br>abstract | 1-14                  |
| A          | EP 1 049 944 A (CENTRE NATIONAL DE)<br>8 November 2000 (2000-11-08)<br>cited in the application<br>abstract<br>claims 1,2  | 1-14                  |
| A          | WO 03/007016 A (CENTRE NATIONAL DE LA<br>RECHERCHE SCIENTIFIQUE ; TESTUD, JACQUES;<br>LE BOU) 23 January 2003 (2003-01-23)<br>cited in the application<br>claim 1                | 1-14                  |
|            | -/--   |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 March 2005

Date of mailing of the international search report

06/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patent laan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ó Donnabháin, C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/002692

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                      | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A          | US 2003/025627 A1 (WILSON GREGORY S ET AL)<br>6 February 2003 (2003-02-06)<br>paragraph '0035!<br>----- | 1-14                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/002692

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| JP 02300692                               | A  | 12-12-1990          | JP 1863045 C               | 08-08-1994          |
|   |    |                     | JP 5077997 B               | 27-10-1993          |
| EP 1049944                                | A  | 08-11-2000          | FR 2774174 A1              | 30-07-1999          |
|   |    |                     | AU 748399 B2               | 06-06-2002          |
|   |    |                     | AU 2062399 A               | 09-08-1999          |
|   |    |                     | CA 2318455 A1              | 29-07-1999          |
|   |    |                     | EP 1049944 A1              | 08-11-2000          |
|   |    |                     | JP 2002501205 T            | 15-01-2002          |
|   |    |                     | US 6473026 B1              | 29-10-2002          |
|   |    |                     | WO 9938028 A1              | 29-07-1999          |
| WO 03007016                               | A  | 23-01-2003          | FR 2827391 A1              | 17-01-2003          |
|   |    |                     | CA 2453196 A1              | 23-01-2003          |
|   |    |                     | EP 1438604 A1              | 21-07-2004          |
|   |    |                     | WO 03007016 A1             | 23-01-2003          |
|   |    |                     | JP 2004534256 T            | 11-11-2004          |
|   |    |                     | US 2004201515 A1           | 14-10-2004          |
| US 2003025627                             | A1 | 06-02-2003          | NONE                       |                     |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR2004/002692

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b><br>CIB 7    G01S17/95    G01S13/95   |   |  |
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB  |   |  |
| <b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b><br>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)<br>CIB 7    G01S   |   |  |
| Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche  |   |  |
| Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)<br>EPO-Internal, PAJ, WPI Data  |   |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>  |   |  |
| Catégorie °  | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents  | no. des revendications visées  |
| A  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 015, no. 084 (P-1172),<br>27 février 1991 (1991-02-27)<br>& JP 02 300692 A (JAPAN RADIO CO LTD),<br>12 décembre 1990 (1990-12-12)<br>abrégé | 1-14   |
| A  | EP 1 049 944 A (CENTRE NATIONAL DE)<br>8 novembre 2000 (2000-11-08)<br>cité dans la demande<br>abrégé<br>revendications 1,2   | 1-14   |
| A  | WO 03/007016 A (CENTRE NATIONAL DE LA<br>RECHERCHE SCIENTIFIQUE ; TESTUD, JACQUES;<br>LE BOU) 23 janvier 2003 (2003-01-23)<br>cité dans la demande<br>revendication 1         | 1-14   |
| -/--   |   |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</span> </div>  |   |  |
| <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>° Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>*L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>*X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>*Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>*Z* document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div> |   |  |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée<br><br><div style="text-align: center; font-weight: bold;">29 mars 2005</div>  |   | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale<br><br><div style="text-align: center; font-weight: bold;">06/04/2005</div> |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale<br>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax (+31-70) 340-3016  |   | Fonctionnaire autorisé<br><br><div style="text-align: center; font-weight: bold;">Ó Donnabháin, C</div>                                      |



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/002692

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                    | no. des revendications visées |
|-----------|---|-------------------------------|
| A         | <p>US 2003/025627 A1 (WILSON GREGORY S ET AL)<br/> 6 février 2003 (2003-02-06)<br/> alinéa 0035!</p> <p>-----</p> | 1-14                          |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/002692

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|----|------------------------|---|------------------------|
| JP 02300692                                     | A  | 12-12-1990             | JP 1863045 C                            | 08-08-1994             |
|   |    |                        | JP 5077997 B                            | 27-10-1993             |
| EP 1049944                                      | A  | 08-11-2000             | FR 2774174 A1                           | 30-07-1999             |
|   |    |                        | AU 748399 B2                            | 06-06-2002             |
|   |    |                        | AU 2062399 A                            | 09-08-1999             |
|   |    |                        | CA 2318455 A1                           | 29-07-1999             |
|   |    |                        | EP 1049944 A1                           | 08-11-2000             |
|   |    |                        | JP 2002501205 T                         | 15-01-2002             |
|   |    |                        | US 6473026 B1                           | 29-10-2002             |
|   |    |                        | WO 9938028 A1                           | 29-07-1999             |
| WO 03007016                                     | A  | 23-01-2003             | FR 2827391 A1                           | 17-01-2003             |
|   |    |                        | CA 2453196 A1                           | 23-01-2003             |
|   |    |                        | EP 1438604 A1                           | 21-07-2004             |
|   |    |                        | WO 03007016 A1                          | 23-01-2003             |
|   |    |                        | JP 2004534256 T                         | 11-11-2004             |
|   |    |                        | US 2004201515 A1                        | 14-10-2004             |
| US 2003025627                                   | A1 | 06-02-2003             | AUCUN                                   |                        |